

快速二极管的反向恢复特性

王智 陈永真 张莹 王晓龙 辽宁工学院 (锦州 121001)

摘要: 本文提出了现代功率变换对快速二极管反向恢复特性的要求,分析了二极管的反向恢复参数与使用条件的关系。

关键词: 反向恢复时间 反向恢复峰值电流 软度系数

Recovery Characteristics of Fast Recovery Epitaxial Diode

Wangzhi Chen yongzhen Zhangying Wang xiaolong
Liaoning Engineering College (121001)

Abstract: This paper produces the requimant about FRED characteristics raised by power electronics and analyses the relation between recovery characteristics and application condition.

Keywords: reverse recovery time reverse recovery peak current soft coefficient

快速二极管的反向恢复特性对功率变换器的性能影响很大。在双极功率晶体管的电流下降时间大于 $1\mu\text{s}$ (开通时间约 100ns) 时期,仅对二极管的反向恢复时间提出要求。随着功率半导体器件的开关速度提高,特别是 Power MOSFET,高速 IGBT 的出现,使二极管的反向恢复不仅仅限于反向恢复时间短,而且要求反向恢复电流峰值尽可能低,反向恢复电流的下降、上升的速率尽可能低,即超快、超软以降低开关过程中反向恢复电流对开关元件的冲击,减小开关过程的 EMI。

如实际表现应用情况;以固定正向电流(如 1A)为测试条件也不能在实际应用中得到客观再现;不同电流档次以不同的正向电流为测试条件则相对客观。

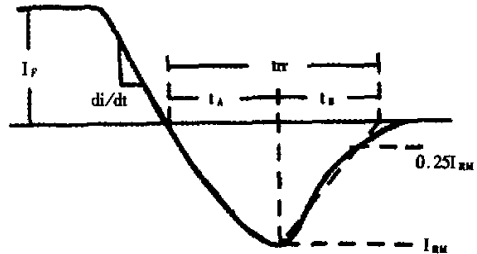


图 1

1 反向恢复时间 t_{rr}

(1) 反向恢复等级的划分

通常二极管的反向恢复时间定义如图 1,以反向恢复时间划分快速等级为 1600V 以下、 100A 以下的二极管。

- 普通二极管 $t_{rr} > 1\mu\text{s}$
- 标准快恢复二极管 $1\mu\text{s} > t_{rr} > 100\text{ns}$
- 超快恢复二极管 $100\text{ns} > t_{rr}$

一般情况下,高耐压快速二极管的反向恢复时间比低耐压的快速二极管 t_{rr} 长,如耐压 200V 以下的超快恢复二极管的典型反向恢复时间在 35ns 以下,而耐压 1000V 的超快恢复二极管的典型反向恢复时间约 75ns 。

(2) 反向恢复时间与正向电流的关系

大多数快恢复二极管的反向恢复时间随正向电流增加。如图 2。因此,以 $I_F = I_R = 10\text{mA}$ 为测试条件的反向恢复时间不能

(3) 反向恢复时间与反向电压的关系

反向恢复时间随反向电压增加,如某 600V 超快恢复二极管在反向电压为 30V 时,反向恢复时间为 35ns ,而反向电压为 350V 时其反向恢复时间明显增加,因此,仅从产品选择指南中按所给的反向恢复时间选用快速二极管,由于反向电压的测试条件不同,将导致实际的反向恢复时间的不同,应尽可能参照数据手册中给的相对符合实用的测试条件下的反向恢复时间为依据。

(4) 反向恢复时间与 $-di/dt$ 的关系

反向恢复时间在结温相同、反向电压相同时,与反向恢复电荷呈近似正比关系,因此 $-di/dt$ 越大,反向恢复时间越短,如图

2.

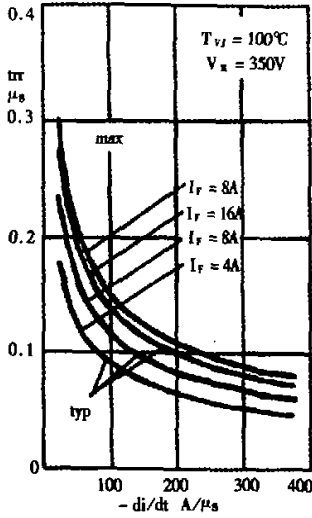


图 2

2 反向恢复峰值电流 I_{RM}

(1) I_{RM} 与 $-di/dt$ 的关系

I_{RM} 随 $-di/dt$ 增加, 如图 3。因此在不同 $-di/dt$ 的测试条件下, I_{RM} 的幅值是不同的。

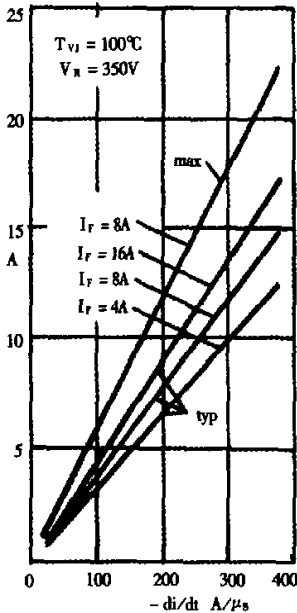


图 3

(2) I_{RM} 随工作结温上升, 如图 4。

(3) I_{RM} 随反向工作电压上升, 因此额定电压为 1000V 的快

速二极管, 在相同的 $-di/dt$ 条件下, 但反向工作电压不同 (如 500V 与 1000V), 则 I_{RM} 是不能相比较的。

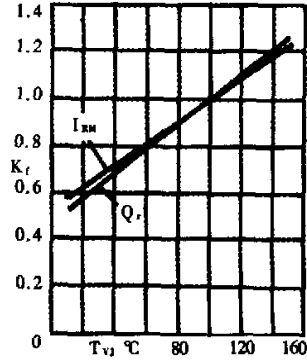


图 4

(4) I_{RM} 对电路的影响及对策

大的 I_{RM} 将对电路中相应的开关管开通时产生大的冲击电流, 特别在大功率变换器中尤其明显, 对二极管自身也是一个强烈冲击, 同时产生强烈的电磁干扰。因此, 应限制 I_{RM} 的幅值。在小功率电路中常见的是并在二极管两端的 RC 电路, 如图 5。与电路中的寄生电感共同作用减小 $-di/dt$ 和 I_{RM} 。

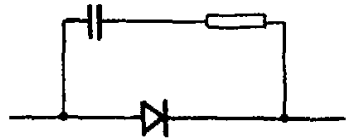


图 5

在较大功率特别是大功率电路中, 往往要求电路的寄生电感越小越好, 因此简单的 RC 电路已不能完成限制 $-di/dt$ 和 I_{RM} 。快速二极管软化电路不得不几乎变成 DC/DC 变换器, 如图 6。增加了电路的复杂程度和可实现性。随着驱动电路的发展,

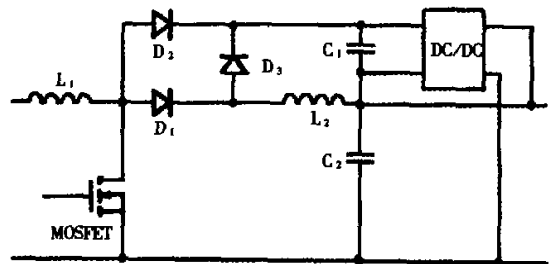


图 6

出现了主开关零电压开通方式, 如图 7。辅助开关首先开通, 由于 D_2 额定电流小, 而且可以令其无正向电流, 因而是 t_{rr} 及 I_{RM} 均很小, D_1 的 I_{RM} 则由 L_2 限制 $-di/dt$ 得到限制, 当 D_1 的反向恢复主要部分基本结束, L_2 的电压几乎为零, 主开关通。

(下转第 471 页)